

CLÉ DE DÉTERMINATION DES *CLADOPHORA* DES CÔTES FRANÇAISES

S. JÖNSSON*, C. van den HOEK** et P.V.M. BOI**

* Laboratoire de Biologie Végétale Marine, Université P. et M. Curie,

7 Quai Saint-Bernard, 75230 Paris Cedex 05, France.

** Department of Marine Biology, University of Groningen,
Biological Centre, P.O. Box 14, 9750 AA Haren (Gn), The Netherlands.

ABSTRACT - An identification key is given for the marine and brackish water species of *Cladophora* reported from the coasts of France.

RÉSUMÉ - Les *Cladophores* signalées sur les côtes françaises, dans le milieu marin et saumâtre, font l'objet d'une clé de détermination.

MOTS CLÉS : *Cladophora*, clé de détermination, côtes françaises.

Les espèces appartenant au genre *Cladophora* sont difficiles à distinguer en raison de leurs caractères souvent imprécis et de leur polymorphisme. La présente clé qui s'appuie sur celle de van den Hoek pour les *Cladophores* d'Europe (van den Hoek, 1963) est une tentative pour identifier les espèces vivant en France, dans le milieu marin, les étangs saumâtres ou les lagunes. Elle comprend 25 espèces, dont 3 à rechercher (*Cl. nigrescens*, *Cl. feredayi*, *Cl. ruchingeri*), sur les 27 maintenant reconnues sur les côtes de l'Europe. Deux espèces (*Cl. liebetruthii*, *Cl. echinus*) sont cantonnées dans la Méditerranée, une espèce (*Cl. parriaudii*) n'a été signalée que sur la côte atlantique, alors qu'une autre n'est connue que de la région de Roscoff (*Cl. pygmaea*). Toutes les autres espèces ont été trouvées à la fois sur les côtes françaises de la Manche, de l'Atlantique et de la Méditerranée.

Les espèces essentiellement d'eau douce signalées en France (*Cl. okamurai* (Ueda) van den Hoek, *Cl. kosterae* van den Hoek, *Cl. basiramosa* Schmidle, *Cl. aegagropila* (L.) Rabenh., *Cl. glomerata* (L.) Kütz., *Cl. bruzellii* Kütz. (= *Cl. fracta* (Müll. ex Vahl) Kütz. var. *intricata* (Lyngb.) van den Hoek), *Cl. rivularis* (L.) van den Hoek, *Cl. fracta* (Müll. ex Vahl) Kütz.) ne sont pas envisagées, à l'exception du *Cl. globulina* (Kütz.) Kütz. qui est à la fois marine et dulçaquicole.

Les illustrations, les descriptions et les synonymies des espèces traitées sont à rechercher dans les travaux monographiques sur les Cladophores de van den Hoek (1963, 1982), de van den Hoek & Womersley (1984), de Söderström (1963) et de Hamel (1930-1931), alors que des considérations générales et la délimitation du groupe ont été envisagées par Jónsson (1962). Des tableaux comparatifs des caractères distinctifs des espèces de *Cladophora* des côtes atlantiques de l'Amérique ont été élaborés par van den Hoek (1984). Ces tableaux, qui remplacent une clé dichotomique, comprennent plusieurs espèces des côtes françaises, et sont donc très utiles à consulter dans certains cas litigieux (*Cl. vagabunda*, *Cl. laetevirens*, *Cl. dalmatica*, *Cl. vadorum*, *Cl. liniformis*...).

CLÉ

- 1a. Touffes érigées, hautes de 4 à 10 (-25)cm, avec cellule basale claviforme, longue de 0,3 à 3,6cm; cellules basales et inférieures du thalle beaucoup plus longues que les cellules apicales 2
 1b. Absence d'une telle cellule basale claviforme 3

- 2a. Rhizoïde à constrictions annulaires, descendant de chaque cellule située immédiatement au-dessus de la cellule basale; cristaux cubiques incolores dans les cellules (écraser un article âgé pour les observer); plantes raides avec ramification strictement acropète, formées de filaments serrés en gerbe compacte, vert foncé sur le vivant, prenant en séchant une coloration brunâtre caractéristique.

.....*Cl. prolifera* (Roth) Kütz.

Note: *Cl. nigrescens* Zanard. ex Frauenf. diffère de *Cl. prolifera* par le diamètre de ses cellules apicales, plus réduit (40 à 75µm contre 120 à 200µm); à rechercher sur les côtes françaises.

- 2b. Cellules suprabasales sans rhizoïdes adventifs; crampons rhizoïdaux, parfois stolonifères, à l'extrémité inférieure de la cellule basale claviforme; cristaux tétraédriques incolores dans les cellules; plantes, avec ramification strictement acropète, ressemblant à des petits arbres à tronc nu, d'un vert foncé ou d'un beau vert, tant sur le vivant qu'à l'état sec.

.....*Cl. pellucida* (Huds.) Kütz.

Note: Van den Hoek (1963) distingue, pour les côtes européennes, sous le nom de *Cl. feredayi* Harv. une espèce qui diffère de *Cl. pellucida* par le diamètre de ses cellules apicales, plus réduit (38 à 67µm contre 90 à 225µm).

Or le nom de *Cl. feredayi* s'applique à une espèce des côtes d'Australie méridionale qu'on ne peut guère différencier de *Cl. pellucida* des côtes d'Europe (van den Hoek & Womersley, 1984). Pourtant des essais d'hybridation entre les ADN des deux populations montrent qu'ils n'ont qu'une relation très distante (Bot *et al.*, en prép.). Il est probable que le *Cl. feredayi* des côtes méridionales d'Europe est une autre espèce (encore à nommer); espèce à rechercher sur les côtes françaises.

Cl. pseudopellucida van den Hoek (1963) et *Cl. pellucida* sont conspécifiques (van den Hoek, 1982, p. 181).

- 3a. Thalle minuscule (jusqu'à 1,3mm de hauteur), vert foncé, fixé au substrat par un disque basal de la paroi cellulaire, irrégulièrement ramifié; diamètre des cellules apicales 19-50 μ m, diamètre des cellules du filament axial 52-91 μ m; cellules courtes, à rapport L 1 en général 1-2.
.....*Cl. pygmaea* Reinke
Note: Roscoff.
- 3b. Thalles adultes beaucoup plus grands, jamais attachés par un seul disque basal 4
- 4a. Thalle formé de filaments plus ou moins anastomosés à l'aide de disques adhésifs situés à l'extrémité des rameaux et sur les parois des cellules adjacentes; angles de ramification larges; cellules assez courtes, à rapport L 1 en général 1-3; diamètre des cellules apicales 45-100 μ m, diamètre des filaments principaux 60-120 μ m; plantes en touffes spongieuses ou gazonnantes, vert foncé sur le vivant, souvent brun sur le sec, ayant 1 à 4cm de hauteur.
..... *Cl. liebetruthii* Grun.
Note: Méditerranée.
- 4b. Absence de disques adhésifs. 5
- 5a. Plantes ayant des rhizoïdes adventifs dans leurs parties distales, émis par les pôles supérieurs ou, et inférieurs des cellules et se terminant souvent en crampons coralloïdes 6
- 5b. Plantes sans rhizoïdes adventifs dans leurs parties distales 8
- 6a. Épaisseur des parois cellulaires des ramules de 5,5 à 35 μ m, jusqu'à 55 μ m dans les axes principaux; plantes vert foncé formant des filaments rampants ou des pelotes denses, jusqu'à 6cm de diamètre, fixées au substrat, quelquefois épiphytes; diamètre des cellules apicales 100-195 μ m, et des filaments principaux jusqu'à 200-300 μ m; le rapport L 1 est 2,5-9; zoïdoocystes non observés.
..... *Cl. echinus* (Bias.) Kütz.
Note: Méditerranée.
- 6b. Parois cellulaires moins épaisses. 7
- 7a. Diamètre des cellules apicales de 20 à 45 μ m; cellules souvent très longues, avec rapport L 1 7-30 pour les cellules apicales et 2-22 pour les autres cellules; plantes vert glauque ou d'un beau vert sur le vivant, légèrement brunâtre sur le sec, formant des pompons spongieux ou feutre compact, hautes de 2 à 5cm; zoïdoocystes observés en matériel des Antilles Néerlandaises.
.....*Cl. socialis* Kütz.
- 7b. Diamètre des cellules apicales de 55 à 215 μ m (le plus souvent de 80 à 160 μ m); cellules souvent assez longues, rapport L 1 7-30 pour les cellules apicales, et 2-22 pour les autres cellules; plantes vert foncé olivâtre sur le vivant, brunâtre sur le sec, formant des boules de structure rayonnante, rai-

des, ou feutre compact, hautes de 2 à 5cm; présence possible de zoïdocystes.

- *Cl. coelothrix* Kütz.
- 8a. Plantes sans rhizoïdes (aussi en culture); thalles rigides, d'un vert foncé, en pelotes, jusqu'à 3cm de diamètre, reposant sur le substrat, mêlées aux souches de *Zostères* ou enchevêtrées aux autres algues; zoïdes non observés. 9
- 8b. Plantes n'ayant pas à la fois les caractères précédents 10
- 9a. Toutes les cellules du thalle, excepté les cellules apicales, portent un ou plusieurs rameaux à insertion plus ou moins latérale; cellules dans les parties basales du thalle légèrement claviformes; les cellules apicales se terminent souvent en hameçon; diamètre des cellules apicales de 120 à 175 (-265) μ m, rapport L:1 2-6; plantes formant des touffes globuleuses de 1 à 2,5cm de diamètre, d'un vert foncé sur le vivant, brun foncé sur le sec.
..... *Cl. retroflexa* (Bonnem. ex Crouan) Crouan
- 9b. Un grand nombre de cellules intercalaires du thalle sans rameau; filaments principaux incurvés, ne se terminant pas en hameçon; diamètre des cellules apicales de 40 à 65 μ m, rapport L:1 1,5-4; plantes d'un vert foncé à l'état vivant et sur le sec, formant des agrégats spongieux jusqu'à 3cm de diamètre.
..... *Cl. battersii* van den Hoek
- 10a. Parois cellulaires des ramules épaisses de (2,5-) 5-10 μ m, à structure lamelleuse apparente; cristaux cubiques incolores dans les cellules; rameaux resserrés, jusqu'à 6 par verticille (forme typique); parfois très faiblement ramifiés (forme *nuda*); diamètre des cellules apicales 40-80 μ m, des filaments principaux 90-200 μ m; le rapport L:1 est 1,5-7; plantes raides, vert foncé bleuté, caractéristique tant sur le vivant qu'à l'état sec, généralement environ 8cm de haut.
..... *Cl. rupestris* (L.) Kütz.
- 10b. Parois cellulaires des ramules moins épaisses; toujours moins de 6 rameaux par verticille; absence de cristaux endocellulaires. 11
- 11a. Épaisseur des parois cellulaires des ramules variant de (1,5-) 4 à 6 μ m; au maximum un rameau par articulation; thalles adultes avec ramifications éparées; plantes d'un vert foncé formant, dans les flaques littorales, des faisceaux funiformes (en forme de corde), atteignant 70cm de longueur ou davantage; zoïdocystes à zoospores quadriflagellées.
..... *Cl. ruchingeri* (Ag.) Kütz.
- Note: espèce signalée sur les côtes d'Europe, mais non en France; à rechercher.
- 11b. Épaisseur des parois cellulaires des ramules 2,5 μ m; nombre maximum de rameaux par articulation généralement > 1; thalles ne formant pas des cordes de filaments à ramifications éparées. 12
- 12a. Diamètre des cellules apicales de 90-165 (-195) μ m. 13
- 12b. Diamètre des cellules apicales plus réduit. 14

- 13a. Filaments principaux des plantes adultes garnis de rangées de rameaux unilatéraux de longueur inégale, disposés sans ordre de grandeur; chez les plantes jeunes, parties distales garnies de ramules disposés en ordre indistinctement acropète; cellules apicales plus ou moins atténuées à sommet obtus (diamètre 90-195 μ m) 1-4x plus longues que larges; diamètre des filaments principaux 240-400 μ m; rapport L.1 de leurs cellules 1-3,5; plantes à l'état vivant ou sec vert clair ou vert foncé en touffes atteignant jusqu'à 35cm de longueur; thalles fertiles, terminés par des filaments moniliformes de zoidocystes, en forme de tonneau.
..... *Cl. hutchinsiae* (Dillw.) Kütz.
- 13b. Filaments principaux se terminant en bouquets de rameaux réfractés ou refracto-incurvés, garnis de ramules disposés en ordre acropète; ramification irrégulière pseudodichotome vers la base du thalle; cellules apicales cylindriques, (diamètre 90-160 μ m) 2-6 x (-10) plus longues que larges; diamètre des filaments principaux 140-330 μ m; rapport L.1 de leurs cellules 2-10; plantes raides, vert foncé à l'état vivant ou sec, atteignant jusqu'à 16 (-35)cm de haut, souvent seulement 5cm; zoidocystes à zoides quadrilagellés.
..... *Cl. lehmanniana* (Lindenb.) Kütz.
- 14a. Ramules disposés souvent unilatéralement et sans ordre de grandeur le long des rameaux principaux, même dans la partie inférieure; dans les parties supérieures, les rameaux principaux peuvent se terminer par des bouquets de rameaux à ramification plus ou moins acropète, parfois courbés dans un sens ou dans un autre, les deux types de ramification reliés par des intermédiaires. 15
- 14b. Absence de rangées de ramules dans les parties inférieures du thalle 19
- 15a. Cellules apicales cylindriques à bout effilé non pointu; diamètre des cellules apicales variant de 18 à 24 μ m chez les plantes vert pâle vivant dans les stations ensoleillées, de 50 à 70 μ m chez les plantes vert foncé vivant dans les endroits ombragés; diamètre des filaments principaux 55-170 μ m, rapport L.1 de leurs cellules 2-10; forme de mode battu, haute de 5cm, de mode abrité jusqu'à 50cm. 16
- 15b. Cellules apicales à bout arrondi; diamètre des cellules apicales variant de 10 à 16 μ m chez les plantes vert pâle croissant dans les stations ensoleillées, de 32 à 41 μ m chez les plantes vert foncé, vivant dans les localités ombragées; diamètre des filaments principaux 22-90 μ m, rapport L.1 de leurs cellules 1,5-8; forme de mode battu haute de 5cm, de mode abrité jusqu'à 50cm. 18
- 16a. Plantes atteignant jusqu'à 50cm dans les stations relativement protégées; thalles ondulés, à filaments principaux parallèles, garnis de belles rangées de rameaux et de ramules unilatéraux de longueur inégale, avec angles de ramification aigus; tendance limitée à la formation de zoidocystes terminaux, de sorte que la croissance végétative continue longtemps.
..... *Cl. flexuosa* (Mull.) Kütz. (= *Cl. gracilis* (Griffiths ex Mackay) Kütz.

Note: Cette espèce a été considérée par van den Hoek (1963) comme une "forme gracilis" de *Cl. sericea* de stations calmes, tandis que Söderström (1963) a maintenu qu'il s'agissait d'une espèce indépendante. Des essais d'hybridation entre les ADN d'un *Cl. flexuosa* et d'un *Cl. sericea* (*s.s.*) ont montré que le point de vue de Söderström est correct. Il s'agit de deux taxons différents, quoique relativement apparentés (Bot *et al.*, 1988).

- 16b. Plantes plus petites, généralement de mode battu, pouvant atteindre environ 15cm; tendance forte à la formation de séries de zoïcocytes terminaux morfiliformes, ce qui limite la croissance végétative 17
- 17a. Reproduction par gamètes biflagellés ou zoospores quadriflagellées.
..... *Cl. sericea* (Huds.) Kütz. var. *sericea* van den Hoek
- 17b. Reproduction par zoïdes biflagellés seulement.
..... *Cl. sericea* (Huds.) Kütz. var. *biflagellata* van den Hoek
- 18a. Reproduction par gamètes biflagellés ou zoospores quadriflagellées.
..... *Cl. albida* (Huds.) Kütz. var. *albida* van den Hoek
- 18b. Reproduction par zoïdes biflagellés seulement.
..... *Cl. albida* (Huds.) Kütz. var. *biflagellata* van den Hoek
- 19a. Filaments principaux portant des bouquets de rameaux souvent terminaux, à ramification strictement acropète, parfois courbés dans un sens ou dans un autre (forme de mode battu), ou à ramification faiblement acropète (forme de mode abrité); zoïdes fréquents avec stigma proéminent, non annulaire 20
- 19b. Absence de ramifications ou ramifications rares et irrégulières sans fascicules apicaux nets ou rangées de ramules intercalaires (forme de mode abrité); zoïdes, si présents, avec stigma annulaire. 22
- 20a. Cellules apicales cylindriques; leur diamètre variant de 35 à 40µm environ chez les plantes vert pâle (croissant dans les stations ensoleillées), de 80 à 110µm chez les plantes vert foncé (vivant dans les localités ombragées); nombre maximum de rameaux par article généralement 2 (parfois 3); diamètre des filaments principaux inférieurs en général 2-3 fois plus grand que celui des cellules apicales; reproduction par gamètes biflagellés ou zoospores quadriflagellées; plante formant des pompons spongieux de 0,5 à 5cm de diamètre dans les stations exposées, des touffes de 20cm dans les endroits abrités.
..... *Cl. laetevirens* (Dillw.) Kütz.
- 20b. Cellules apicales cylindriques, ou plus ou moins atténuées à bout obtus; diamètre des cellules apicales en général plus réduit pour les plantes de stations comparables (par ex. pareillement ensoleillées); nombre maximum de rameaux par article généralement 3-4 (parfois 5); diamètre des filaments principaux inférieurs en général 3-6 fois supérieur à celui des cellules apicales. 21

- 21a. Cellules apicales cylindriques à bout effilé parfois conique; diamètre des cellules apicales variant de 20 à 25 μ m chez les plantes vert pâle (exposées à une forte insolation), de 55 à 90 μ m pour les plantes vert foncé (vivant dans les stations ombragées) et composées de filaments âgés garnis de jeunes proliférations; plantes tolérant des fluctuations de salinité de 7(5)-52‰ au moins; peut se confondre avec *Cl. glomerata* d'eau saumâtre (5 à 7‰) mais s'en distingue par son incapacité de vivre en eau douce; reproduction par isogamètes biflagelles ou zoospores quadriflagellées; espèce extrêmement commune, formant des pompons de 0,5 à 4cm de diamètre dans les stations battues, jusqu'à 50cm dans les stations calmes (étangs, lagunes, cuvettes ensoleillées de haut niveau, voir 25a).
..... *Cl. vagabunda* (L.) van den Hoek
- 21b. Cellules apicales en général cylindriques à bout arrondi, parfois légèrement effilé, leur diamètre variant de 14 à 20 μ m environ chez les plantes vert pâle (exposées à une forte insolation), de 30 à 55 μ m chez les plantes vert foncé (vivant dans les endroits ombragés), jusqu'à 75 μ m dans les filaments âgés en voie de prolifération; la ramification acropète très constante persistant même chez les plantes flottantes; nombre maximum de rameaux par article généralement 4 (parfois 5); reproduction par gamètes biflagellés ou zoospores quadriflagellées; plantes en mode battu formant des pompons spongieux de 0,5 à 2cm de diamètre, en mode abrité des touffes atteignant jusqu'à 10-20cm; espèce disparaissant pendant l'été à Banyuls (juin à août).
..... *Cl. dalmatica* Kütz.
- 22a. Filaments principaux dénudés ou très faiblement ramifiés; absence de zoïdocystes. 23
- 22b. Filaments principaux plus nettement ramifiés, présence possible de zoïdocystes. 24
- 23a. Diamètre des cellules apicales de 16 à 20 μ m; ramules, si présents, épars, spiculiformes, courts; plantes formant des masses flottantes dans les stations marines ou d'eau saumâtre (croissent également en eau douce).
..... *Cl. globulina* (Kütz.) Kütz.
- 23b. Diamètre des cellules apicales variant de 20 à 40 μ m environ; filaments principaux souvent pourvus de proliférations de longueurs plus ou moins inégales, formant un grand angle avec les filaments; plantes vivant détachées (les rhizoïdes basilaires persistent) sur la vase, mêlées aux *Zosteres* ou flottant dans les fosses à la surface des eaux saumâtres (peut pénétrer dans le milieu marin); plantes vert pâle ou vert foncé atteignant 10cm de haut.
..... *Cl. liniformis* Kütz.
- 24a. Diamètre des cellules apicales variant de 27 à 32 μ m chez les plantes vert pâle croissant dans les endroits ensoleillés, de 50 à 65 μ m chez les plantes de localités ombragées (40 à 60 (- 64) μ m dans l'Étang de Salses); cellules apicales longues, 2,5-24 fois plus longues que larges; reproduction exclusivement par zoospores quadriflagellées à stigma annulaire; plantes en touffes flexueuses fixées ou flottantes, de 5 à 30cm de longueur.

- *Cl. vadorum* (Aresch.) Kütz.
- 24b. Cellules apicales plus étroites pour les thalles croissant dans les stations comparables (par ex. stations ensoleillées des étangs méditerranéens); zoïdes à stigma proéminent, non annulaire. 25
- 25a. Diamètre des cellules apicales de 17 à 23 μ m (Étang de Salses); reproduction par gamètes biflagellés ou zoospores quadriflagellées; plantes flottantes atteignant jusqu'à 30 à 50cm avec ramification acropète indistincte; espèce très polymorphe (voir 21a).
..... *Cl. vagabunda* (L.) van den Hoek
- 25b. Diamètre des cellules apicales variant de 14 à 20 μ m; plantes formant des masses flottantes difformes dans un étang piscicole du Bassin d'Arcachon; reproduction exclusivement par zoospores quadriflagellées.
..... *Cl. parriaudii* van den Hoek

RÉFÉRENCES

- BOT P.V.M., STAM W.T., BOELE-BOS S.A. & HOEK C. van den, 1989 - DNA homology between North-Atlantic isolates of *Cladophora* (Cladophorales, Chlorophyta). *Phycologia* (accepté pour publication).
- HAMEL G., 1930-1931 - Quelques *Cladophora* des côtes françaises. *Rev. Algol.* 5: 1-34.
- HOEK C. van den, 1963 - *Revision of the European species of Cladophora*. Leiden, Brill; xi + 248p. + 55 pl.
- HOEK C. van den, 1982 - A taxonomic revision of the American species of *Cladophora* (Chlorophyceae) in the North Atlantic Ocean and their geographic distribution. *Verh. Kon. Ned. Akad. Wetensch., Afd. Natuurk., Reeks 2*, 78: 1-236.
- HOEK C. van den & WOMERSLEY H.B.S., 1984 - Genus *Cladophora* Kuetzing 1843. In H.B.S. WOMERSLEY, *The marine benthic flora of southern Australia, Part 1*. D.J. Woolman, Government Printer, South Australia, pp. 185-213.
- JÓNSSON S., 1962 - Recherches sur des Cladophoracées marines (structure, cycles comparés, conséquences systématiques). *Ann. Sci. Nat., Bot.*, 12e sér., III: 25-230 + 16 pl.
- SÖDERSTRÖM J., 1963 - Studies in *Cladophora*. *Bot. Gothob.* I: 5-147.